出力トランス・レスにもなる独創的な新回路出現!!

クロス・シャントPP回路を使った 6A3BPPと6AR6PPの試作

≪カットは試作第2号アンプ≫

島田 聰

試作1号の，出力トランスレス・アンプは，6A3B の AB_1PP を，クロス・シャント型にしたもので，出力トランス・レス用の SP も 8 インチ・フリー・エッジの自作品である．このアンプが働いたとき，超低音域をカバーする広帯域性，歪の少いこと，さらに過渡特性のよいことなどは，期待以上であった．しかし，ボイス・コイルのインピーダンスの関係で，最高音部に問題がのこされた．

次に作った，第2号アンプは，特別な高音専用 SP（トゥイーター）を用いて，出力トランス・レスの眞價を発揮する Hi—Fi アンプとなった．

ここに発表するクロス・シャント回路によれば，マッチング・インピーダンスを従来の PP 回路の 1/4 にできるし，先に紹介されたシングル・エンデッド PP より，取扱いが相当楽になる．ここでは，まず新出力回路の原理と，実際の取扱い方をのべ，実例として，自作の出力トランス・レス・アンプ2台をご紹介し，出力トランス・レスとしたときの諸問題の解決方法(特にスピーカー)を記した．

(A)
Cs:シャントコンデンサー
CH:チョークコイル
CH
CH
-C
Cs
Cs
B+
三極管の場合

(B)
Cs
CH
CH
-C
Cs
B+
四極管の場合

(C)
6A3B
0.05
500K
3K
500K
0.05
40μ
40μ
ボイスコイル
B+
6A3B
バイアス抵抗がCHの役をつとめる
試作1号の出力トランスレスアンプ

(D)
CH
Cs
CH
-C
Cs
CH
B+
CH
負荷
多くの負荷を直列にして用いることもできる

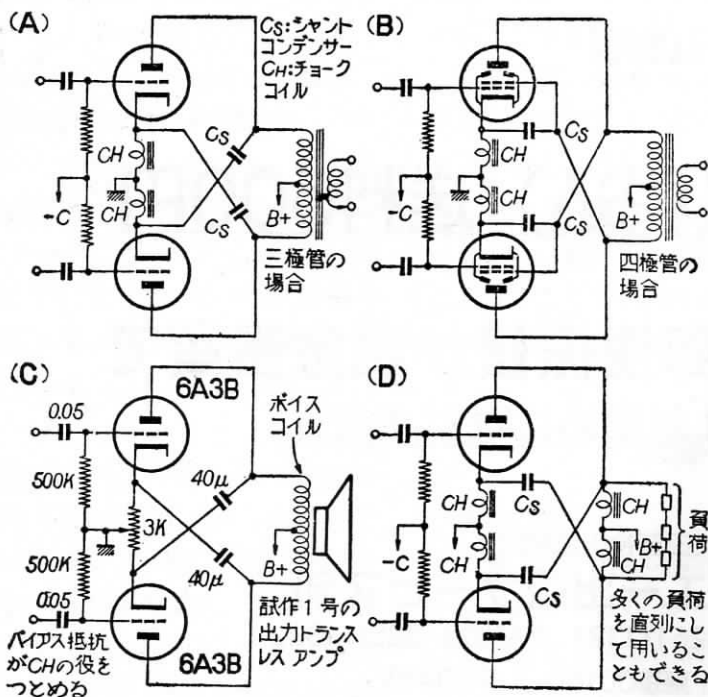
第1図—各種クロス・シャント PP 回路

1. クロス・シャント PP とは

クロス・シャント PP は，シングル・エンデッド PP と同じように，低マッチング・インピーダンスを目的として筆者が考案した回路である．

第1図を見ればわかるように，各出力管のカソードと，反対側の出力管のプレートとを，おのおの大容量のコンデンサーで結び，その間に負荷が入っているところから，クロス・シャント PP（交叉接続 PP）と命名したが，出力管カソードは出力端子となるので，クロス・シャント型カソード・フォロアーといってもよい．

第2図に各種出力段の等價回路を示す．新出力回路クロス・シャント PP を (D) について説明する．(A) のシングル出力回路の負荷を，カソード側とプ

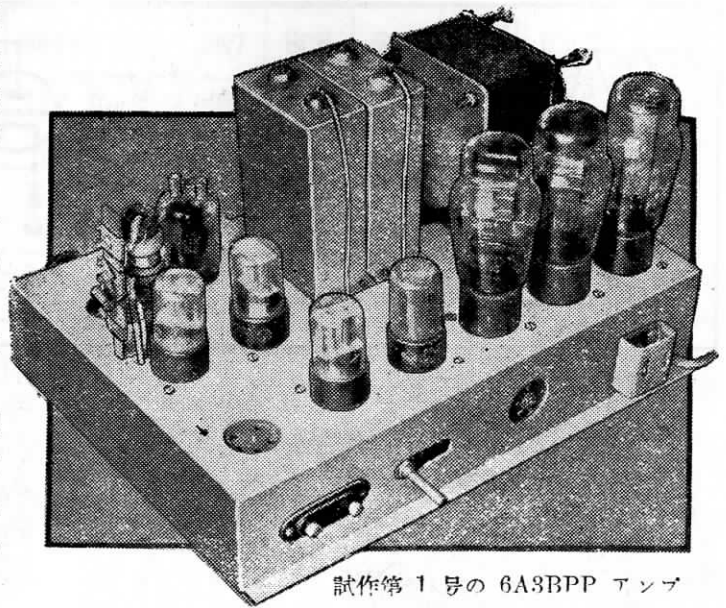
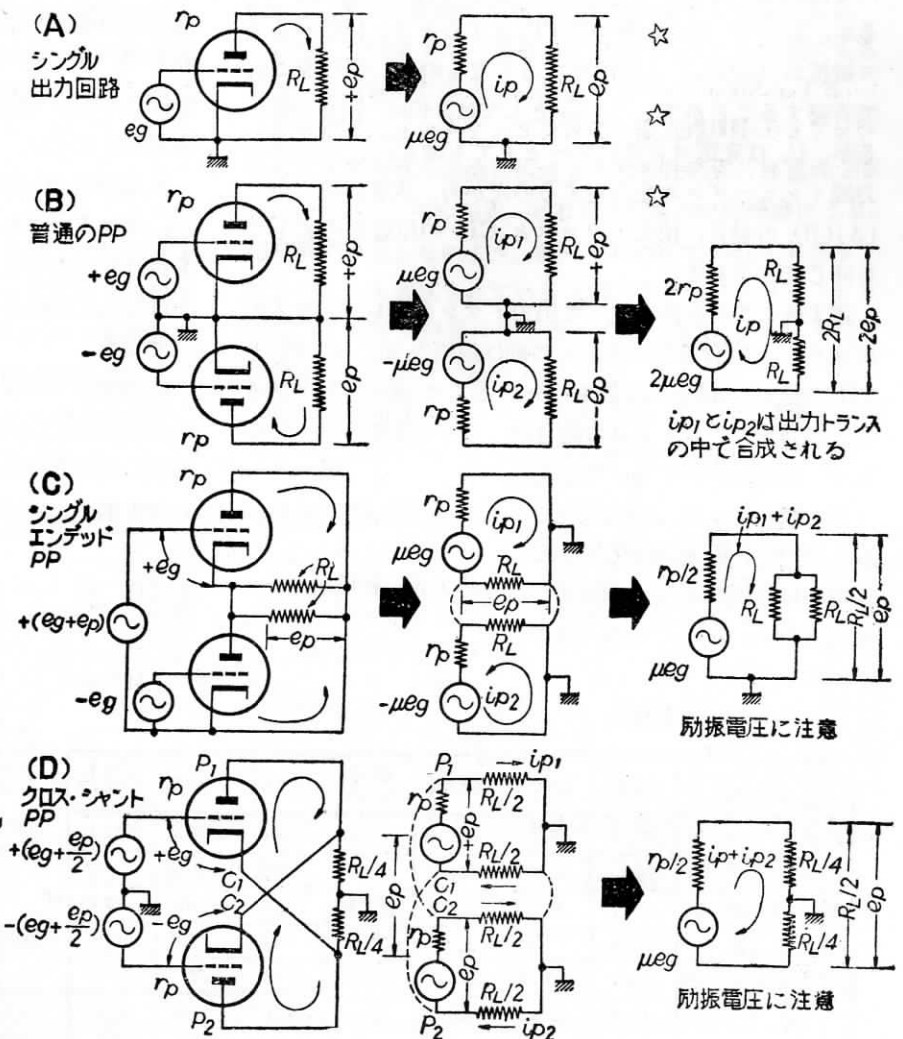
試作第 1 号の 6A3BPP アンプ

レート側に，$R_L/2$ ずつに等分し，2 つの出力管を逆相に励振してやると，P_1 と C. および P_2 と C_1 の電位が同相同等になるから，これをショートした形で，等價回路の内部抵抗は $r_p/2$ に，負荷抵抗は $(R_L/4)+(R_L/4)=2$ となる．

つまり (B) の普通の PP 回路は，(A) のシングル出力回路を 2 個直列にした形であるのに対し，(C)(D) の回路は共に (A) を 2 個並列にした形となっている．したがって (C)，(D) では，内部抵抗および負荷抵抗が (B) の普通の PP の 1/4 になる．

(B) の回路は等價的には (A) の直列であるが，各出力管を流れる出力電流は，出力トランス中で合成されて始めて完全な波形になるのであって，特に AB_1 とした場合にスイッチング・トランジェントを起すおそれがある．(C)(D) の方式によれば，負荷に流れる出力電流は，すでに合成された完全な波形となっていて，スイッチング・トランジェントの心配は皆無である．

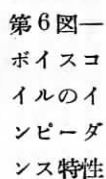
ここまでは (C) と (D) に異るところはないが，実際に励振させる方法が問題である．(C) では V_1 は完全なカソード・フォロアーとして働き，V_2 は普通の出力回路となっているから，励振電圧と出力インピーダンスとは，ともにはなはだしく不平衡になってしまう．(D) のクロス・シャント PP によれば，V_1，V_2 ともにセミ・カソード・フォロアーとなり，完全に平衡した PP となっていて，(C) の V_1 に要する励振電圧より低い励振電圧を与えればよい．したがって，クロス・シャント PP は，シングル・エンデッド PP より取扱いが相当楽になり，カソード・ヒーター間にかかる電圧も少くてすむ．**第 2 図**の (C)(D) の等價回路は，カソード・フォロアーということを便宜上考慮していない．

一般に，出力管の増幅率を μ，内部抵抗を r_p，最適負荷を R_0 とし，負饋還率を β とすると，出力端子から見た出力管の等價内部抵抗（出力シンピーダンス）は，$r_p/(1+\mu\beta)$ に減少し，最適負荷 R_0 およだ無歪最大出力は，$\beta=0$ のときと変りないが，励振電圧は $\beta=0$ のときの $1+(\mu\beta R_0/r_p+R_0)$ 倍にしなくてはならない．

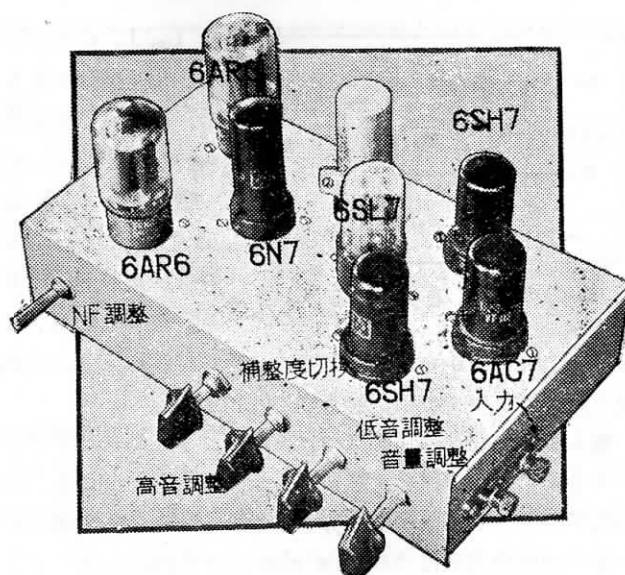
カソード・フォロアーでは $\beta=1$，シャント・クロス型では $\beta=0.5$ となるから，出力インピーダンスとなる等價内部抵抗は相当に低くなり，高調波含有率の小さい，SP に電気的制動のよくかかる出力回路となる．

クロス・シャント型では，結局，等價内部抵抗は $r_p/2$ より更に低い値 $r_p/(2+\mu)$ となる．実際に計算してみると，ビーム管や五極管は三極管接続にしてもしなくても，

第 2 図—各種出力回路の等價回路

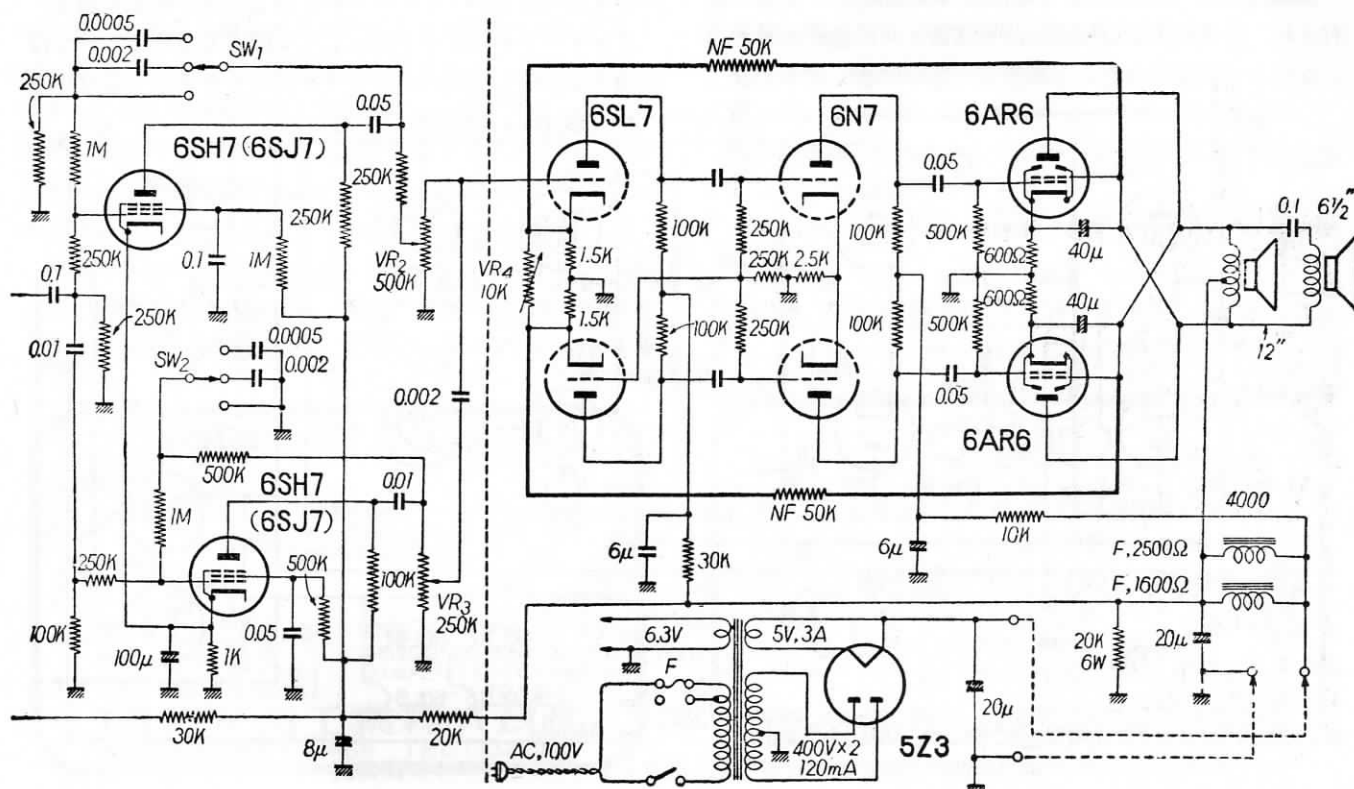
≪第6図─ボイスコイルのインピーダンス特性≫

試作第2号

だが，多層巻にするのだから容易にできる．

第3表に自作 SP のボイス・コイルのデーターを示す．(A) は，試作1号アンプ用で 8 インチ，(B) は試作1号アンプのウーファーで 12 インチ，(C) は同じくトゥイーターで 6.5 インチである．

ボイス・エイルの製作にあたり，その質量 m を増加させないようにして，巻数 n をふやすと，直流抵抗 r_{DC} と等價機械抵抗 r_m とは，全線長 l の 2 乗すなわち n^2 に比例するが，コイルのインダクタンス L_v も n^2 に比例する．したがって，$r_m/(r_m+r_{DC})$ できまる SP の能率は，n^2 に無関係となる．

問題は L_v の値で，**第3表A** の場合 20mH という大きさであって，このリアクタンス分が Z_v に相当きいてきて，**第6図**のような特性になる．これでは，10,000c/s 以上で，能率が相当低下してしまう．しかし，この L_v の影響は，出力トランスレス特有のものではない．普通のボイス・コイルの微小なインダクタンスでも，出力トランスのインピーダンス比で一次側に等價すれば，同様に大きな値となるのだが，出力トランスの漏洩インダクタンスなどの方が大きく響くので，さらに悪い特性となる．これをNF だけで解決しようとするのは，感心できない．L_v そのものを少くする方法を考えなければいけない．

r_{DC}，r_m は l^2 に比例するから，2 つの SP に分割しても全体の l が変らなければ，r_{DC}，r_m に変化はないが，L_v は分割により約 1/2 になる．すなわち，SP (特にトゥイーター) は多数直列にして用いる方がよい．

いま一つの方法は，ボイス・コイルにできるだけ近接して，短絡二次コイルを設ける．**第7図**において，ab 端より見た等價インダクタンス L_e は，$L_e=L_p-(M^2/L_s)$ で与えられる．相互インダクタンス M は L_p, L_s の結合度が K のとき，$M=K\sqrt{L_p \cdot L_s}$ で表わされるから，結局 L_e は，$L_e=L_p \cdot (1-K^2)$ となる．K は 1 以下で，理想トランスのときに K=1 となる．L_e を小さくするには，K をできるだけ 1 に近くするようにしなければならない．K

いピークをたくさんならべる方法．いま一つは，減衰の大きい紙を用いると高音が漸減するから，電気的におぎなってやる方法である．実際には，いづれかのコーン紙というのはない．後者の方は電気的にうまく補償すれば，ピークのないなめらかな特性となる．後者によれば，SP の能率が悪くなるわけであるが，最高音部にそんなに大きな音はないから，高音を強調しても過励振になることはない．ハイ・インピーダンスのトゥイーターが作りにくければ，無理に出力トランスレスにすることはなく，高音専用の出力トランスを第9図のようにして使えばよい．この出力トランスの一次側のリアクタンスは，トゥイーターが担当する最低周波数において，負荷抵抗より大きければよい．したがって，巻数はわずかでよく，鉄芯も小型でよいから，簡単に優秀な出力トランスができる．

第8図—低音 SP で注意すること．第9図—高音 SP のみOPTを用いる方法

6. その他

第6図の Z_v 特性でわかるように，試作1号アンプのカソード・バイアス抵抗が Z_v に並列なので，高域での出力は，バイアス抵抗ばかりに消費されるようになる．そのため高音になると減衰してしまう．

ひどくミス・マッチしている出力トランス・レス・アンプで，4 本の出力管を用い，パラレル PP にすると，最適負荷は 1/2 に，出力電流は2倍になるから，負荷はより最適値に近ずき，最大出力は4倍近くに上昇することになる．第10図は 50L6 (25L6) のパラレル PP の変り種である．交流的には，V_1 と V_4，V_2 と V_3 がおのおの並列になり，直流電源では，V_1 と V_2，V_3 と V_4 がおのおの直列になって働く，あたり前のパラ PP にしない理由．(1) ドライバーに 200V 以上の B 電圧が必要なこと．(2) ボイス・コイルに流れる直流が少くてすむこと．(3) カソード抵抗を低くしないでよく，V_2V_4 は半固定バイアスになることなどである．高利得アンプにするときは，パワー・トランスを使わないとハムる．

AB_2PP のドライバをカソード・フォロアーとし，直結にして用いることがあるが，このクロス・シャント PP をドライバーとして用いれば，入力インピーダンスがさらに 1/4 になり好都合である．

あとがき

定量的測定はまだ行っていないし，完全なウイリアムソン・アンプなどと比較していないので，優劣を云々する資格はない．しかし，第1号アンプの場合でも，中音以下に関しては，大変キレイな音で，低音に不快な共振はなく，過渡特性，混変調など満足な結果で，録音放送の録音板の回転音にかえって悩まされ，カップリングを小さくしたりした．第2号アンプでは，すみ切った高音が出るようになり，出力も大きくなったので，臨場感を増した．

ピアノ以外のソロはよい音がするもので，混変調や過渡特性はオーケストラを聞いて見なければわからない．

とにかく，あの高價な出力トランスを用いないで，さらに Hi—Fi アンプができるとすれば，プロのアマには大変な福音で，それだからこそ筆者もいろいろとやってみたわけです．アマチュアの方々に実験をおすすめするとともに，ハイ・インピーダンス SP の市場化を製造業者の方々に，期待させて戴きます．（東京工業大学学生）

——立体録音再生をきいて (79 ページより續く)——

音源の方向について 左右の認知良好．特にフォルテはハッキリしました．前後はわかりにくいようです．しかし，タイガーラッグは，奥行も割に良く感じました．

音の分離 小編成のものは良好．

歪 少いようです．但し中域のピークが一寸気になる．

疲労の問題 感じませんでした．もっとも興味の方が先になっているためかもしれません．

プログラム・ソースと再生機 自動車の音など実物みたいだった．

その他 受話器では立体感というよりも，右が強くなったり，左が強くなったりする感じ方が強いようです．